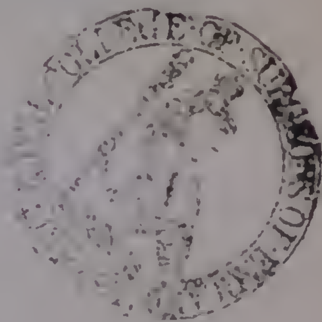
EIN NEUES

OPTOMETER

VON

DR. A. BUROW SEN.

GEH. SANITÄTS RATH



MIT 3 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BERLIN, 1863.

VERLAG VON HERMANN PETERS.

HERRN

PROFESSOR MOSER

SEINEM HOCHVEREHRTEN LEHRER

UND FREUNDE

WIDMET DIESE BLÄTTER

DER VERFASSER.

VORWORT.

In den nachstehenden Zeilen übergebe ich dem wissenschaftlichen Publikum die Beschreibung eines Instruments, das neben der Bestimmung des Refractionszustandes und des Astigmatismus des Auges auch noch den Zweck erfüllt, die Brennweiten der Brillen anzugeben, welche die Refractions-Anomalien für den jedesmaligen Fall ausgleichen.

An demselben ist nichts Resultat des Versuchs, jeder einzelne in demselben verzeichnete Werth vielmehr das Facit einer einfachen Rechnung.

So ging es aus der Hand des Arbeiters fertig hervor und mehre hundert an demselben gemachte Beobachtungen haben in keinem Falle einen Zweifel an der Richtigkeit derselben aufkommen lassen, so dass die theoretische Vorausbestimmung sich in der Praxis auf eine Weise bestätigt zeigt, die dem Instrument, und selbst in der Hand des Brillenhändlers, Werth verleihen und jene so überaus häufigen groben Missgriffe in der Wahl der Brillen beseitigen müsste, die oft genug direkten Schaden herbeiführen.

Aber auch für den Augenarzt muss ein Instrument, das die von mir gestellten Forderungen erfüllt, nicht ohne praktische Bedeutung sein. Wenn schon an und für sich der Einwurf, dass es auch anderweitige erprobte Methoden giebt, den Refractionszustand des Auges zu prüfen, einer anderen, zudem noch bequemeren, ihre Bedeutung nicht zu nehmen im Stande ist, so glaube ich mich geradehin zu der Behauptung berechtigt, dass eine grössere Genauigkeit in der Bestimmung der Accomodations-Grenzen auf keinem anderen bis jetzt betretenen Wege erzielt werden könne.

Kennt man bei nicht normalem Refractionszustande eines Auges die Sehweite desselben in ihrem Nah- und Fernpunkte (das Maximum und Minimum des Refractionszustandes)*) und mit diesen beiden Grössen die vorhandene Accommodationsbreite, dann wird man durch Benutzung der einfachsten Formeln die Brennweiten der Brillen bestimmen können, deren das Auge bedarf, um seinen fehlerhaften Brechungszustand in beabsichtigter Weise zu corrigiren. Es hat aber seine sehr grossen Schwierigkeiten, diese beiden Punkte unmittelbar zu bestimmen, und man hat deshalb schon lange vor dem, dass Donders namentlich in die Lehre von den Refractionsverhältnissen des gesunden und kranken Auges einiges Licht gebracht, sich dadurch zu helfen gesucht, dass man die Sehweite des Auges durch vorgesetzte Linsen von wenigen Zollen Brennweite verkürzte und aus der Entfernung, in der es mit dieser Bewaffnung deutliche Bilder percipirte, die wahre Sehweite ableitete; eine Methode, zu der man sich auch jetzt noch gewöhnlich

*) Man hat neuerdings mit dem Worte „Refractionszustand" des Auges den Brechzustand zu bezeichnen beliebt, der dem Fernpunkte entspricht. Da füglich jeder Accommodationszustand ein Refractionszustand genannt werden kann, so ist diese Bezeichnung jedenfalls nicht in der Bedeutung des Worts begründet, während die von mir vor vielen Jahren bereits in Vorschlag gebrachte Bezeichnung „Maximum und Minimum des Refractionszustandes" jedenfalls nicht zu Missverständnissen Veranlassung geben kann.

herbeilässt bei der Bestimmung des Refractionszustandes hypermetropischer Augen.

Wie so ganz unbrauchbar aber die in der gewöhnlichen Weise geübte Methode ist, erlaube ich mir an einem Beispiele zu erweisen, bei dem unser grösster Beobachter, Herr v. Gräfe, an seinem eigenen Auge die Grössenbestimmungen gemacht hat. Im 2. Hefte des 2. Bandes seines Archivs giebt er die Accommodationsgrenzen für sein Auge

mit + 10 + 6 und + 3 an und zwar betragen dieselben

$$\text{mit } + 10 = 3\tfrac{1}{2} - 9\tfrac{1}{2}''$$
$$+ 6 = 2\tfrac{1}{4} - 5\tfrac{3}{4}''$$
$$+ 3 = 1\tfrac{1}{2} - 2\tfrac{1}{2}''$$

Unterwerfen wir diese Angaben dem mathematischen Calcül, so müssten die Accomodationsbreiten doch annäherungsweise gleich sein. Sie sind aber für die erste Linse etwa 5,5″, für die zweite und dritte annäherungsweise gleich 3,7″.

Noch ungünstiger fallen die Beobachtungs-Resultate aus, wenn man aus deren Ablesung für die Fernpunkte und der Linsenbrennweite die wirkliche Lage des ersten berechnet, der für alle drei Fälle gleich sein müsste.

Der Abstand der Linse vom optischen Mittelpunkte des Auges als gleich in allen drei Fällen kann aus der Rechnung gebracht werden und es müsste also nach den später zu entwickelnden Formeln (siehe 9 und 13) sein

$$\frac{10 \;.\; 9\tfrac{1}{2}}{10 - 9\tfrac{1}{2}} = \frac{6 \;.\; 5\tfrac{3}{4}}{6 - 5\tfrac{3}{4}} = \frac{3 \;.\; 2\tfrac{1}{2}}{3 - 2\tfrac{1}{2}}$$

Der erste Werth ist aber = 190, der zweite = 148, der dritte = 15.

Dennoch aber kann die Methode unter den nöthigen Cautelen verwerthet werden und diese Zeilen sollen den Zweck haben, den eben bezeichneten Weg der Optometrie in theoretischer und praktischer Hinsicht wissenschaftlich zu beleuchten und darzuthun, wie weit wir im Stande sind, bei fehlerhaftem Refractionszustande des Auges die Brenn-

weite der Brille aus einer möglichst genauen Messung des Abstandes zu bestimmen, in welchem das betreffende Auge mittels einer Optometerlinse einen Gegenstand scharf sieht.

Ich werde bei den Deductionen zunächst von der Annahme ausgehen, dass man es mit einem Auge zu thun habe, dessen Refractions-Zustand ein feststehender, das also in Bezug auf seine Accommodationsfähigkeit gelähmt ist.*)

Es sei 1) die Sehweite des blossen Auges = n
2) die beabsichtigte Sehweite des Auges mit der Brille = a
3) die durch Beobachtung gefundene Sehweite des Auges mit der Optometerlinse = α
4) die Brennweite des Auges = A
5) die Brennweite der zur Beobachtung benutzten Optometerlinse = q
6) die gesuchte Brennweite der Brille = F

Fig. 1 stelle das Auge als einfache Linse dar, deren vorderer Brennpunkt in N, der hintere in M liege. In der endlichen Entfernung n vor dem Auge stehe ein Gegenstand

*) Ein vollkommen in Bezug auf seine Accommodation gelähmtes, sonst aber vollkommen gut functionirendes Auge mit einer Sehweite = 14" besitze ich seit mehr als 20 Jahren.

Bekanntlich sinkt bei Accommodations-Lähmungen das Auge auf das Minimum des Refractionszustandes herab, stellt sich also in die Thätigkeit für den Fernpunkt, den einzigen festen und selbst in jedem gesunden Auge durch Einwirkung von Atropin herzustellenden Punkt. Bei allen mir bekannten Fällen von Accommodations-Paralyse ist Irislahmung und Pupillenerweiterung gleichzeitig vorhanden, ja selbst bei Paresen der Grad der Pupillenerweiterung mit dem Grade der Parese parallel laufend. Dieselbe Beobachtung habe ich auch bei einer grösseren Anzahl vorübergehender Accommodations-Paresen nach Diphtheritis bestätigt gefunden; dass sie eine allgemein gültige ist, wage ich nicht zu behaupten. Anders aber verhält es sich, wenn im Alter die Accommodationsbreite sich verkleinert. Hier sieht man sogar sehr häufig, dass Pupillen-Verengerung als Heilbestreben der Natur behufs Verkleinerung der Zerstreuungskreise eintritt. Einfache Presbyopie verändert die Lage des Fernpunktes nicht, wohl aber die dem glaucomatösen Prozesse zugehörigen Druckverhältnisse.

O (welche Entfernung grösser sein muss als die Brennweite A also $n < \infty$ l $n > A$) dann ist H, d. h. die Entfernung des Bildes U vom Knotenpunkte grösser als A. Fällt U auf die Stäbchenschicht, so ist n die Sehweite. Es gilt dann die Formel

1) $\frac{1}{A} = \frac{1}{H} + \frac{1}{n}$ Wird $n = \infty$ also $\frac{1}{n} = 0$ so ist $H = A$. Es gilt diese Formel für positive Werthe von n H, A nur in dem Falle, dass H und n eben auf verschiedenen Seiten der Linse liegen.

Betrachten wir demnächst die Wirkung des Brillenglases allein. (Fig. II.)

Die Brennweite desselben haben wir oben F genannt, seine Brennpunkte seien P und Q. Wird ein Gegenstand S der Brille in der Entfernung a vorgesetzt, welche letztere kleiner ist als die Brennweite F, so werden die Strahlen durch die Linse so gebrochen, als kämen sie von einem Punkte T, den wir das Bild von S nennen. Alle Strahlen, die durch die Linse gehn, haben die Richtung, dass sie sich rückwärts, also hier rechtshin, verlängert in T kreuzen würden und es gilt in diesem Falle die Formel

2) $\frac{1}{F} + \frac{1}{b} = \frac{1}{a}$ also $b = \frac{F\ a}{F - a}$ $F = \frac{b\ .\ a}{b - a}$

$$a = \frac{b\ F}{b + F} \text{*)}$$

Hier liegen a und b auf derselben Seite der Linse.

Rückt der Gegenstand S nach Q, so wird b ∞

---

*) Die von Donders eingeführte Methode, die Formeln in der Form der Reciprokenwerthe zu behandeln, scheint mir unbequem. Ich werde dieselben in die Gestalt der wirklichen Werthe bringen, mit denen sehr viel leichter umzugehen ist. Fast immer kommt man auf Grössen, die aus Produkt, dividirt durch Summe oder Differenz zweier Werthe gefunden worden. Wie wenig bequem die Donders'schen Formeln sind, sieht man schon daraus, dass nicht selten Brüche mit gebrochenen Zahlen im Nenner in seinen Beispielen auftreten, obgleich bei der Wahl derselben schon die möglichst günstigen Zahlenverhältnisse gegriffen sind.

Rückt S über Q hinaus, so wird b negativ. In diesem Falle geht die Formel 2 in 1 über.

Es genügt die Construction an der Convexlinse durchzuführen, die ganz allgemein gültigen Formeln werden in der Anwendung von selbst immer es ergeben, ob F negativ wird.

Combiniren wir nun demnächst das Auge mit der Brille. (Fig. III.)

Die dem Auge A in der Entfernung e vorgesetzte Brille F bewirkt nach dem vorher Gezeigten, dass ein Gegenstand S in T ein Bild ergänzt, welches auf das Auge wie ein wirklicher Gegenstand wirkt. Wird also die Brennweite der Brille F so gewählt und in der Entfernung e vor das Auge gestellt, dass

3) $e + b = n$

so sieht das Individuum den in S stehenden Gegenstand, so wie es mit freiem Auge (Fig. I) den Gegenstand O sieht und es geht die Formel 1 über in

4) $\frac{1}{A} = \frac{1}{H} + \frac{1}{e + b}$ worin b nach 2) $= \frac{F\,a}{F - a}$

Dieser Werth in 3 gesetzt giebt

5) $n = e + \frac{F\,a}{F - a}$

d. h. man kann die wirkliche Sehweite des Auges finden, wenn man e, F und a kennt.

Das Produkt aus der Brennweite einer Linse und dem Abstande, in dem ein Gegenstand durch sie deutlich gesehn wird, dividirt durch die Differenz beider Grössen, giebt die wirkliche Sehweite des Beobachteten, wenn man den Abstand der Linse von dem optischen Mittelpunkte des Auges hinzunimmt.

Stellt man vor das Auge behufs optometrischer Messung eine Convexlinse, so treten ganz analoge Verhältnisse wie beim Brillenglase ein. Die Formeln sind dieselben, wir haben uns nur anderer Bezeichnungen zu bedienen. (Fig. IV.)

Da wir die Brennweite der Optometerlinse φ, den Abstand des Objects von ihr $= \alpha$ die Bildweite β gesetzt, so gelten die Formeln

$$6)\quad \frac{1}{\varphi} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\alpha} \text{ also } \beta = \frac{\varphi \cdot \alpha}{\varphi - \alpha} \quad \varphi = \frac{\beta\,\alpha}{\beta - \alpha} \quad \alpha = \frac{\beta\,\varphi}{\beta + \varphi}$$

Combiniren wir nun das Auge mit der Optometerlinse (Fig. V) und stellen hierbei zugleich die *Forderung, dass der Werth von e gleich ist dem Werthe von e bei den Formeln für Combination des Auges mit dem Brillenglase,*

so gilt 7) $e + \beta = n$ [nur in diesem Falle giebt die Linse ein deutliches Bild]

$$8)\quad \frac{1}{A} = \frac{1}{H} + \frac{1}{e + \beta}$$

β ist nach 6) $= \dfrac{\varphi\,\alpha}{\varphi - \alpha}$ also

$$9)\quad n = e + \frac{\varphi\,\alpha}{\varphi - \alpha}$$

Es ist die Formel also eben so wie 5) ein Mittel, mittels der Optometer-Linse wie dort mittels der Brille die Sehweite n zu finden.

Die Sehweite des Auges wird durch den Optometer gefunden, wenn man das Produkt aus der Brennweite der Optometer-Linse und die durch dieselbe gefundene Sehweite durch die Differenz beider Werthe dividirt und den Abstand der Linse von dem Knotenpunkt des Auges hinzunimmt.

Aus 3 und 7 folgt

$$10)\quad b = \beta \text{ also } \frac{F\,a}{F - a} = \frac{\varphi\,\alpha}{\varphi - \alpha} \quad 1 \quad \frac{F - a}{F\,a} = \frac{\varphi - \alpha}{\varphi\,\alpha}$$

oder

$$11)\quad \frac{1}{a} - \frac{1}{F} = \frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\varphi}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\varphi} - \frac{1}{\alpha} = \frac{\varphi\,\alpha + a\,\alpha - a\,\varphi}{a\,\varphi\,\alpha}$$

und demnächst die durch die angestellte optometrische

Messung gesuchte Brennweite der Brille für eine beabsichtigte Enfernung a.

$$12)\quad F = \frac{a \,.\, \varphi \,.\, \alpha}{\varphi\,\alpha + a\,\alpha - a\,\varphi} = \frac{a\,\varphi\,\alpha}{\varphi\,\alpha + a\,(\alpha - \varphi)}$$

Diese scheinbar unbequeme Formel vereinfacht sich in der praktischen Anwendung sehr.

Die Forderung, die der Kranke macht, ist eine verschiedene, jenachdem er myopisch oder presbyopisch respective hypermetropisch ist. Im ersten Falle will er seinen Fernpunkt auf ∞ verlegen, er verlangt also $a = \infty$

dann wird $\frac{1}{F} = \frac{1}{\varphi} - \frac{1}{\alpha}$

$$= \frac{\alpha - \varphi}{\alpha \,.\, \varphi} \text{ und}$$

$$13)\quad F = \frac{\alpha\,\varphi}{\alpha - \varphi}$$

D. h. will ein Kurzsichtiger die Brennweite seiner Brille erfahren, so bestimme man am Optometer α für seinen Fernpunkt. Das Produkt aus dieser Grösse und der Brennweite der Optometer-Linse dividirt durch die Differenz beider Werthe giebt die Brennweite der Brille.

Im Falle, dass ein Presbyop oder Hypermetrop mit weit abliegendem Nahepunkt eine Brille verlangt, ist die Forderung der Art, dass der Nahepunkt des Auges oder ein dem Nahepunkt nahe liegender Refractionszustand auf 10″ verlegt werde.

In den meisten Fällen wird diese Sehweite verlangt werden. Jedenfalls hat man sich nach der Beschäftigungsweise des Kranken zu erkundigen. Musiker, Kaufleute, die in grossen Büchern zu arbeiten haben, brauchen ihr Auge in anderen Entfernungen, nach denen der Werth von c zu modificiren ist. Für diesen Fall sind zwei Grössen constant. φ die Brennweite der Optometer-Linse und a die beabsich-

tigte Sehweite mit der Brille. Führt man nun die Constante c ein, so gilt $\frac{1}{c} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\varphi}$

$$\frac{1}{c} = \frac{\varphi + a}{\varphi \,.\, a}$$

$$c = \frac{\varphi\, a}{\varphi + a}$$

dann wird

14) $F = \frac{a\, c}{a - c}$

d. h. also: Um die Brennweite der Brille für einen Weitsichtigen zu finden, bestimme man a als seinen Nahepunkt. Das Produkt aus demselben und der in oben beschriebener Weise berechnete Constante c dividirt durch die Differenz beider Grössen giebt die Brennweite der Brille.

Ich will es versuchen, an einer geometrischen Construction die oben durch Rechnung gefundenen Verhältnisse deutlich zu machen.

An einem rechten Winkel $A'' C D''$ Fig. VI, dessen Schenkel man sich beliebig verlängert denken kann, trage man auf beiden Schenkeln die Brennweite der Optometer-Linse auf und construire darüber das entsprechende Quadrat, das die Diagonale CL durchschneidet. Ebenso trägt man nach CD'' hin die optometrische Ablesung $\alpha = CD$ und in derselben Richtung die Entfernung auf, in der der Kranke sehn will $a = CD'$ und verbinde D' mit A', so schneidet diese Linie die Diagonale in E. Legt man durch D und E eine Grade, so schneidet diese den vertikalen Schenkel des Dreiecks in A und dann ist $CA = F$ gleich der Brennweite der Brille, mit der das Individuum in der Entfernung a sehn kann. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Construction liegt in Folgendem.

Wenn die Gleichung gilt:

$\frac{1}{m} + \frac{1}{s} = \frac{1}{q}$ und m und s bekannt sind,

so kann man q durch folgende Construction finden. (Fig. VII.)

Man trage auf den einen Schenkel eines rechten Winkels Fig. VII $CD = m$, auf den andern $CA = s$ auf, verbinde A und D, halbire den rechten Winkel durch CL und fälle vom Schnittpunkte E ein Loth EN, so ist $EN = CN = q$

$$\text{Beweis: } EN : ND = AC : CD$$
$$EN : m - EN = s : m$$

Nach bekanntem Proportionssatze

$$EN : m = s : m + s \text{ also } EN = \frac{m\,s}{m+s}$$

$$\frac{1}{EN} = \frac{m+s}{m\,s} \text{ also } \frac{1}{EN} = \frac{1}{s} + \frac{1}{m}$$

$$\text{mithin } \frac{1}{EN} = \frac{1}{q} \text{ und } EN = q$$

Was aber von m und s gilt, muss von allen Werthen gelten, die von den Schenkeln des rechten Winkels durch irgend eine Grade abgeschnitten werden, sobald sie durch den Punkt E geht.

15)

also auch $\frac{1}{a} + \frac{1}{F} = \frac{1}{q}$

16) $\frac{1}{a} + \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{q}$

wodurch die Richtigkeit der Construction erwiesen ist.

Es sei mir nun gestattet, an der Figur die verschiedenen Werthe von a und a einzusetzen. Nehmen wir zuerst an, a Fig. VI sei gleich CD', liege in endlicher Entfernung aber jenseits der Brennweite der Optometer-Linse, also $a > q$, $a < \infty$ und geben $CD = a$ verschiedene Werthe. In der Zeichnung haben wir es grösser als q, kleiner als q angenommen. Die Verlängerung von DE fällt nach oben, schneidet CA'' in A. $CA = F$ ist positiv. Der Werth für F giebt eine Convexlinse. Lassen wir CD kleiner werden und näher an N heranrücken, so wächst F sehr schnell.

Die Brennweite der Brille, deren das Auge bedarf, um den Punkt D' deutlich zu sehen, wird immer grösser, die Brille immer schwächer bis in dem Augenblicke, wo D in N fällt, α also $= q$ wird, $F = \infty$, d. h. das Auge bedarf jetzt keiner Brille, um D' zu sehn.

Wird α kleiner als q und fällt D zwischen C und N in D''', so schneidet die Linie, die durch $E D'''$ gelegt wird, den vertikalen Schenkel des rechten Winkels in A''' in einer nach der entgegengesetzten Richtung, d. h. $C A''' = F$ wird negativ, das Auge bedarf einer Concav-Brille, um D' deutlich zu sehen.

Wird dagegen $C D$ grösser und fällt D in G, d. h. α wird gleich q, so vereinigt das geprüfte Auge grade paralleles Licht auf seiner Netzhaut und α wird gleich F wegen Congruenz der beiden betreffenden Dreiecke, d. h. ein Auge, dessen Refractionszustand derartig ist, dass es paralleles Licht auf seiner Stäbchenschicht vereinigt, bedarf einer Convex-Brille von eben so viel Zoll Brennweite, als die Entfernung beträgt, in der es scharf sehen will.

Wird α grösser als q und rückt D über G hinaus (absolute Hypermetropie des Auges bedarf convergentes Licht, um es auf der Stäbchenschicht zur Vereinigung zu bringen), so wird $F > a$, d. h. die Brennweite der Brille ist kürzer als die beabsichtigte Sehweite.

Controlliren wir diesen Befund an den entwickelten Formeln.

Aus Nro. 15 wissen wir als Werth von q in seiner Relation zu F und α

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{F} = \frac{1}{q}$$

$$\text{also } F = \frac{q \cdot \alpha}{\alpha - q}$$

Die Formel lehrt, dass wenn α grösser als q, der Gesammtwerth positiv ist, da der Nenner positiv, dass er negativ

ist, sobald $q > a$ und dass endlich $F = \infty$ wenn $a = q$, da der Nenner $= 0$.

Aendern wir dagegen a, so bleiben, abgesehn von den Grössen-Verhältnissen, die Werthe dieselben, bis D in die Unendlichkeit rückt, und diesen Fall hätten wir noch näher zu betrachten. Es ist der Fall für das kurzsichtige Auge, das eben seinen Fernpunkt in die Unendlichkeit verlegen will. Mit dem Entfernen von D' rückt E immer näher nach L, bis es in H fällt, wenn D' in der Unendlichkeit liegt. Fig. VIII. Für diesen Fall geben alle Werthe von a negative Grössen für F, so lange a kleiner als q, erst bei der absoluten Hypermetropie, wenn a grösser als q, wird F positiv. Das Auge bedarf selbst beim Sehen in unendliche Entfernung eines Convexglases, da es nur convergentes Licht auf der Netzhaut vereinigt.

Wird $a = q$, so wird $F = \infty$; das Auge bedarf keiner Brille, da es für paralleles Licht eingerichtet ist, was keiner Erklärung bedarf.

Es ist aber auch ersichtlich, dass die Construction den Werth der wirklichen Sehweite giebt und zwar $n = -F$ der Construction, wenn D' in die Unendlichkeit gerückt ist. Ein Auge, das eines bestimmten Concavglases bedarf, um in unendlicher Entfernung scharf zu sehen, ist gleich einem Auge, das unbewaffnet paralleles Licht auf der Netzhaut vereinigt und dem ein Convexglas von derselben Brennweite vorgesetzt wird; seine Sehweite ist dann gegeben durch die Brennweite dieses Glases.

Die Brennweite der negativen Brille, mit der ein Auge in unendliche Entfernung sieht, ist der Ausdruck für seine natürliche Sehweite.

Die Rechnung zeigt dasselbe und ich habe hier nur auf die Formeln 9) und 13) zu verweisen, aus denen hervorgeht, dass $n = F$ für den Fall, dass D' in der Unendlichkeit liegt.

Wird der Werth von a grösser als q, so wird n ne-

gativ, während F positiv wird, d. h. das Auge hat einen Refractionszustand, bei dem nur convergirende solche Strahlen auf der Netzhaut sich concentriren, die hinter der Netzhaut in der Entfernung F sich vereinigen.

Es bleibt mir nun noch übrig, den nach den oben entwickelten Prinzipien construirten Optometer zu beschreiben und demnächst darzuthun, wie weit derselbe praktisch verwerthet werden kann.

In einem Metall-Cylinder $A\,A$ von 10″ Länge und 1½″ Durchmesser (Fig. IX), an dessen einem Ende die achromatische Linse L angebracht ist, kann mittels Trieb- und Zahnstange D ein zweiter Cylinder $B\,B$ eingeschoben werden. Der innere Cylinder trägt an der der Linse zugekehrten Seite das zur Beobachtung bestimmte Object O, auf der andern entgegengesetzten ein mattes Glas, um zerstreutes Licht in das Instrument zu leiten. An seiner oberen Fläche ist eine Theilung in halbe Pariser Linien angebracht, an der man den Abstand des Objects von der Linse abliest. In Bezug auf die Wahl des Objects habe ich verschiedene Versuche gemacht; am vortheilhaftesten erschien mir eine photographische Druckschrift mit Schriften von verschiedener Grösse, deren kleinste von einem nicht amblyopischen Auge mittels der in Anwendung gebrachten Optometer-Linse grade eben noch gelesen werden kann. Es liegt dabei der Einwurf auf der Hand, dass die Benutzung von Schriftproben insofern misslich sei, als der Beobachter zum Errathen der nicht erkannten Buchstaben verleitet wird, so bald er nur einige entziffert hat. Es kommt das indessen hier nicht in Betracht, insofern es nur darauf ankommt, dass er die Momente angiebt, indem die gesehenen Schriftzeichen ihm nicht mehr scharf begrenzt erscheinen, und dieses Moment tritt selbst dann mit vollständiger Sicher-

heit in's Bewusstsein, wenn der Beobachter überhaupt nicht mehr im Stande ist, die feineren Schriftproben zu lesen.

Es kam nun zunächst auf eine richtige Bestimmung der Linsen-Brennweite und auf Bestimmung der Stellung des Objects gegen die Linse an, bei welcher es genau im Focus sich befindet.

Die Linse, deren ich mich bediene, ist das achromatische Objectiv eines Opernglases, dessen Brennweite Herr Professor Moser auf 49,3''' bestimmt. Um die Stelle zu finden, in der das Object genau im Focus der Linse sich befindet, wurde ein für paralleles Licht eingestelltes Fernrohr parallel auf die Axe des Optometers gegen die Linse gestellt und dem Objecte die Stellung gegeben, in der es deutlich gesehen werden konnte. Dieser Punkt wurde auf der Scala mit 49,3 bezeichnet, da er genau der Stelle entspricht, in der das Object im Brennpunkte der Optometer-Linse liegt.

Auf diese Weise ist also, ohne dass die Lage des optischen Mittelpunkts der Linse in Rechnung gebracht werden dürfte, ein Instrument hergestellt, an dem man mit Genauigkeit die Entfernung abliest, innerhalb welcher ein Object von einem Auge deutlich gesehen werden kann, während gleichzeitig bei dieser Ablesung die Entfernung der Optometerlinse vom optischen Mittelpunkte des Auges unberücksichtigt bleiben kann, wenn nur die Entfernung des Auges von der Linse gleich ist der Entfernung, in der der Kranke die Brille vor die vordere Fläche der Cornea stellt. Die Entfernung des deutlichen Sehens entspricht der durch die Wirkung der Optometer-Linse reducirten Accommodations-Breite, ihre Grenzen dem Nahe- und Fernpunkt, die nach Formel 9) $n = e + \frac{q\ a}{q - a}$ entwickelt und wie wir weiter unten sehen werden, auch am Instrumente selbst abgelesen werden können. Liegt die Ablesung für den Fernpunkt diesseits 40, so haben wir es mit störender Myopie

zu thun, liegt er jenseits 57 mit Hypermetropie, die nur noch bei grosser Accommodations-Breite wenig unbequem wird.

Liegt der Fernpunkt zwischen 45 und 55, so sieht das Auge fast genau paralleles Licht und hört nur bei beschränkter Accommodations-Breite auf, emmetropisch zu sein (Presbyopie).

Die Forderung, die nun das myopische und hochgradig hypermetropische Auge in Bezug auf die Abhilfe seines Leidens macht, ist die, dass sein Fernpunkt in die richtige Stelle, also auf ∞ gelegt werde.*) Hat die Accommodation die nöthige Breite, so ist das Auge durch diese Hülfe vollständig normal.

Accommodations-Beschränkungen, die natürlich bei Hypermetropie früher und in geringeren Graden bereits störend einwirken, fordern mit Ausnahme der Fälle gleichzeitig vorhandener höherer Grade von Myopie Verlegung des Nahepunkts auf die Region, in der der Patient lesen, schreiben etc. will.

Zunächst stellte ich mir nun die Aufgabe, zu ermitteln, wie die Werthe von α bei den verschiedenen Graden der Myopie ausfallen werden; d. h. also wie gross der Abstand des Bildes im Optometer bei Augen, die Concavgläser von 4, 5, 6'' brauchen, um in unendlicher Entfernung deutlich zu sehen.

Indem ich in Formel 13) $F = \frac{\alpha\,\varphi}{\alpha - \varphi}$ φ bekannt annahm $= 49.3'''$, für F die verschiedenen Werthe der Brennweiten der Brillengläser einsetzte, erhielt ich für α nach der Formel

$$\alpha = \frac{F\,\varphi}{-F - \varphi}$$ folgende Werthe:

*) Siehe die allgemeinen Bemerkungen am Schlusse.

	Brillenbrennweite		Optometerablesung		Brillenbrennweite		Optometerablesung
$F =$	— 4	$\alpha =$	24,3	$F =$	— 20	$\alpha =$	40,5
	— 5	=	27		— 30	=	43,3
	— 6	=	29,2		— 40	=	44,7
	— 7	=	31				Hypermetropie
	— 8	=	32,8		+ 40	=	54,9
	— 9	=	33,8		+ 30	=	57,4
	— 10	=	34,9		+ 20	=	62,0
	— 12	=	36,7		+ 18	=	63,5
	— 14	=	38,1		+ 16	=	66,3
	— 16	=	39,2				
	— 18	=	40,1				

Auffallend erscheint in dieser Tabelle auf den ersten Blick das ungleichmässige Steigen der Werthe von α namentlich bei 4, 5, 6, 7. Der Grund ist natürlich in der ungleichmässigen Reihenfolge der Brillenbrennweiten zu suchen. Man kann füglich Differenz des Refractionszustandes zweier Linsen die Brennweite einer dritten $= F$ nennen, die mit der Wirkung der einen F' combinirt werden müsste, um die Leistung der anderen F'' zu ergänzen, dann ist

16) $$F = \frac{F' \cdot F''}{F' - F''}$$

Wenn die Reihenfolge der Brillenbrennweiten eine richtige sein soll, so muss die Refractionsdifferenz zwischen den einzelnen Gläsern annäherungsweise wenigstens gleich sein; eine unabweisliche Forderung, auf die man bis jetzt nicht genug geachtet hat.

Wendet man Formel 16 auf die obige Reihenfolge der Brillenbrennweiten an, so macht die nachstehende Tabelle das Verhältniss anschaulich.

Brennweite .	4	5	6	7	8	9	10	12
Refractionsdifferenz	20	30	42	56	72	90	60	

Brennweite .	12	14	16	18	20	30	60
Refractionsdifferenz	84	112	144	180	60	60	

Refractionsdifferenzen von 20 und 30 sind aber so colossal,

dass sie praktisch unverwendbar werden, auf der anderen Seite sind so geringe Refractions-Differenzen, wie sie zwischen 18 und 20, 16 und 18, ja selbst schon zwischen 14 und 16 stattfinden, im Vergleich zu anderen Stellen der Scala unpraktisch umsomehr, als die Brillen-Brennweiten durchaus nicht auch nur annäherungsweise den Nummern entsprechen, unter denen sie verkauft werden.

Es war mir unmöglich, in einem grossen Lager von Brillengläsern durch Messungen, die sehr mässige Forderung an die Genauigkeit der Brennweiten stellen, die gangbaren Brillennummern richtig zusammenzustellen.

Stellen wir nun die Frage, wie gross etwa die Refractions-Differenzen sein sollen, um eine praktisch brauchbare Scala für Brillen-Brennweiten zu geben, so scheint mir der Werth zwischen 50 und 60 derjenige, der sich am besten praktisch verwenden liesse. Mit Benutzung desselben würde sich folgende Reihenfolge herstellen lassen.

Brillen-Brennweite	4	4⅓	4⅔	5	5½	6	7	8	9	10
Refractions-Differenz	52	54	70	55	66	42	56	72	90	

10	12	16	20	30	60
60	48	80	60	60	

Vielleicht wäre es noch zweckmässig, die Zahl 14 trotz der verhältnissmässig kleinen Refractions-Differenz 84 und 112 einzuschalten, weil an dieser Stelle die häufigsten Refractions-Anomalien des Auges liegen, während auf das Intervall 12 und 16 die ungünstigste Refractions-Differenz von 48 fiele.

Um dasselbe Verhältniss über 4 hinaus beizubehalten, müssten zwischen 3 und 4 schon die Nummern 3¾, 3½, 3¼ eingeschaltet werden, wobei zwischen 3¼ und 3 schon die sehr ungünstige Refractionsdifferenz von 43 fiele.

Durch diese Vereinfachung der Reihenfolge der Brillen-Nummern wird die Beobachtung mittels derselben wesentlich erleichtert.

Es könnte aber vielleicht Jemand der Meinung sein, dass das Refractions-Intervall 60 zu gross gegriffen sei und namentlich dem Specialisten die Zahl der Brillengläser nicht ausreiche. Ich habe es deshalb versucht, eine Reihenfolge mit kleineren Refractions-Intervallen herzustellen und dabei gefunden, dass nicht gut ein anderes als 120 benutzt werden könne, wenn man nicht auf Brennweiten stossen will, deren Herstellung mit den grössten Schwierigkeiten verbunden wäre.

Es giebt aber das Refractions-Intervall 120 folgende Reihe:

Brennweite	Refractionsdifferenz	Brennweite	Refractionsdifferenz
120		8	
	 120		 120
60		$7^{1}/_{2}$	
	 120		. . . 105
40		7	
	 120		 140
30		$6^{2}/_{3}$	
	 120		 126
24		$6^{1}/_{3}$	
	 120		. . . 80
20		6	
	 180		 138
18 $(17._{1})$		$5^{3}/_{4}$	
	 94		
16 $(15._{7})$		$5^{1}/_{2}$	
	 110		
14 $(14._{1})$		$5^{1}/_{4}$	
	 182		 105
13		5	
	 156		 120
12		$4^{4}/_{5}$	
	 132		
11		$4^{3}/_{5}$	
	 111		
10		$4^{2}/_{5}$	
	 90		
9		$4^{1}/_{5}$	
	 153		 84
$(8^{1}/_{2})$ } 72		4	
8	. 134		

Betrachten wir diese Reihe näher, so sehen wir die schwachen Nummern von 120 bis 18 sehr günstig liegen; sie zeigt aber auch, wie überflüssig und unwissenschaftlich es wäre, wollte man zwischen den gefundenen noch andere Brennweiten einschalten.

Dagegen erscheint der Sprung von 8 bis 9 mit einer Refractionsdifferenz von 72 im Verhältniss zu den andern zu gross, während zwischen 8 und $8^1/_2$ nur eine um ein Geringes zu kleine Differenz = 134 zu liegen käme. Hierin aber liegt gleichzeitig der Beweis, dass das Intervall 120 praktisch zu klein ist, da wohl noch Niemand das Bedürfniss gefühlt hat, zwischen 8 und 9 eine Brennweite einzuschieben. Es tritt das noch deutlicher bei dem anderen Ende der Reihe hervor, wo das Intervall zwischen 4 und $4^1/_3$ = 84 beträchtlich zu gross, und das zwischen 5 und $5^1/_4$ = 105 auch noch nicht ausreichend klein ist.

So glaube ich liefert die Entwicklung dieser Reihe den Beweis, dass in der Praxis die oben angegebenen, nach der Refractions-Differenz 60 bestimmten, Brillenbrennweiten vollständig ausreichen; es liegt aber auch auf der Hand, dass, so lange uns die dieser Scala entsprechenden Nummern nicht zur Disposition stehen, wir nur ausnahmsweise im Stande sein werden, bei den extremen Fällen der Refractions-Anomalien die gewünschte Hülfe zu leisten.

Die nach jener Scala berechneten optometrischen Ablesungen sind folgende:

Tabelle I. für Myopie und Hypermetropie behufs Verlegung des Fernpunkts auf ∞

$F = -4$	$a = 24._3$	$F = -20$	$a = 40._2$
$-4^1/_3$	$= 25._3$	-30	$= 43._3$
$-4^2/_3$	$= 26._2$	-60	$= 46._1$
-5	$= 27$	∞	$= 49._3$
$-5^1/_2$	$= 28._2$	$+60$	$= 52._9$
-6	$= 29._2$	$+30$	$= 57._1$
-7	$= 31$	$+20$	$= 62$
-8	$= 32._5$	$+16$	$= 66._3$
-9	$= 33._6$	$+14$	$= 69._7$
-10	$= 34._9$	$+12$	$= 74._9$
-12	$= 36._7$	$+10$	$= 83._6$
-14	$= 38._1$		

Diese Tabelle dient gleichzeitig dazu, unmittelbar die Accommodationsbreite zu bestimmen. Nachdem man den Fernpunkt abgelesen, nähert man das Object dem Auge bis an die Stelle, an der es beginnt undeutlich zu werden (Nahepunkt, Maximum des Refractionszustandes).

Nach Formel 9) ist die wirkliche Sehweite

$$S = e + \frac{q\,a}{q - a}$$

der in der Scala angegebene Werth von F also $= n - e$. Nimmt man e (die Entfernung des Knotenpunkts im Auge von dem optischen Mittelpunkte der Optometerlinse) $= 1''$ an, so wäre dieser Werth den Ablesungen auf der Scala bei Benutzung der Formel $\frac{F'\,F''}{F' - F''}$ hinzuzufügen.

Gesetzt also, es kann Jemand das Object von 49''' bis 27''' sehen. Die erste Ablesung entspricht ∞, die zweite 5, seine Accommodationsbreite ist also

$$\frac{\infty\,.\,6}{\infty - 6} = 6.$$

Ein Anderer kann das Object innerhalb der Grenzen 43''' und 24''' sehen. Die Ablesungen entsprechen den Brillen-

brennweiten 30″ und 4″. Seine Accommodationsbreite ist also $\frac{31 \cdot 5}{31 - 5} = 6''$

Ein Dritter sieht von 62‴ Abstand bis auf 31‴ das Bild deutlich. Seine Accommodationsbreite ist also mit Rücksicht auf das andere Vorzeichen der ersten Ablesung $= \frac{21 \cdot 8}{21 + 8} = 5{,}5''$

Es fragt sich nun zunächst, wie weit das Instrument zur direkten Bestimmung der positiven Brillenbrennweiten bei Presbyopie und Hypermetropie zu benutzen ist. Es kann immer nur die Kenntniss des Nahepunkts und der Accommodationsbreite die wissenschaftliche Handhabe für die Wahl der Brille geben, von welchen Grundsätzen man sich auch bei der Bestimmung der Brennweite leiten lassen mag. Das Instrument zeigt, unter welcher Richtung die Strahlen, die von einem Objecte ausgehen, das Auge treffen müssen, d. h. wo das Object im Raume stehen muss, um im Maximum des Refractionszustandes seine Strahlen auf der Netzhaut zu vereinigen. Man hat also die Brillenbrennweite so zu berechnen, dass der Nahepunkt, den das Instrument angiebt, auf die Entfernung hin verlegt werde, in der der Kranke zu sehen beabsichtigt. Das Resultat von mehr als hundert Beobachtungen zeigt, dass dem Accommodations-Bedürfnisse hierdurch vollkommen Genüge geleistet wird, und ist ein so befriedigendes, dass durch die Praxis alle dagegen etwa zu erhebenden theoretischen Einwürfe sich von selbst erledigen.

Bei Bestimmung der Werthe von F behufs der Verlegung des Nahepunkts auf die beabsichtigte Schweite in der Nähe glaubte ich nach mehreren Beobachtungen annehmen zu müssen, dass Presbyopen und Hypermetropen ihr Auge am ruhigsten fühlen, wenn man ihnen ein Glas giebt, mit dem sie auf 15″ bequem sehen, nur solche, die in grosser Nähe sehr scharf sehen müssen, fordern einen

Abstand des Objects von 10″. — Für diese beiden Abstände berechnete ich c (vergleiche Formel 14), für die Sehweite 15″ wird es = 38,7, für 10″ = 34,9. Diese Werthe sind in den folgenden Tabellen zur Bestimmung von F benutzt, indem in Formel 14 F und c als gegeben angenommen und die Grösse der optometrischen Ablesungen α gesucht ist.

Tabelle II. für Presbyopie und Hypermetropie behufs Verlegung des Nahepunkts auf 15″.

F + 5½	α = 93.1‴	F + 12	α = 52.4‴
+ 6	= 83.7	+ 14	= 50.3
+ 7	= 71.5	+ 16	= 48.4
+ 8	= 64.4	+ 20	= 46.1
+ 9	= 60.1	+ 30	= 43.3
+ 10	= 57.1	+ 60	= 40.8

Tabelle III. behufs Verlegung des Nahepunkts auf 10″.

F + 5	α = 83.1‴	F + 12	α = 46‴
+ 5⅓	= 74.1	+ 14	= 44
+ 6	= 67.7	+ 16	= 42.6
+ 7	= 59.7	+ 20	= 40.8
+ 8	= 54.8	+ 30	= 38.8
+ 9	= 51.5	+ 60	= 36.2
+ 10	= 49.3	(∞	= 34.9)

Die durch Tabelle I, II und III gegebenen Scalen sind auf der inneren Röhre zu beiden Seiten der Theilung mit den betreffenden Zahlen für die Brillenbrennweiten und der Bezeichnung $F = \infty$ (Fernpunkt = ∞) und $N = 15''$ $N = 10''$ eingravirt.

Die Beobachtung mittels des Instruments geschieht nun in folgender Weise. Nachdem man dasselbe gegen die Lichtseite des Zimmers gerichtet und in eine der Lage des Auges entsprechende Höhe gebracht hat. Bei der Beobachtung ist es wesentlich, dass das Auge in den Abstand von der Optometer-Linse gebracht wird, in der das Brillen-

glas zu stehen kommt, da die oben entwickelten Formeln darthun, dass der Abstand des Glases nur in dem Falle aus der Rechnung fällt, wenn die Abstände der Optometer-Linse und des Brillenglases gleich sind. Es heisst das mit andern Worten so viel als: die Brille entspricht der Leistung, welche die optometrische Ablesung giebt, nur dann, wenn sie in dem Abstande von der Cornea zu liegen kommt, in der die Optometer-Linse stand.

Im Ganzen wird die Schwankung selbst bei unvorsichtiger Beobachtung nicht beträchtlich und könnte nur bei ganz kurzen Brillenbrennweiten störend werden.

Man stellt also zuvörderst das Object in einer Entfernung ein, in der es wahrscheinlich deutlich gesehen wird, bei Myopen also auf etwa 6 der Scala $F = \infty$, bei Presbyopen auf 30 oder 60 und bestimmt Fernpunkt und Nahepunkt durch langsames Abrücken und Nähern des Objects bis zu den Stellungen, in denen der Beobachtete es sich bewusst wird, dass das Bild merklich an Schärfe verliert. An der Stelle des Fernpunkts liest man an der Scala $F = \infty$ die Concavbrille ab, die denselben auf ∞ verlegt, an der Stelle des Nahepunkts die Brennweiten der Convexbrillen, mit denen Patient auf 10 und resp. 15 Zoll deutlich sieht.

Es sei mir nun noch erlaubt, einige allgemeine Bemerkungen anzureihen.

Ich bin mir vollkommen bewusst, dass man im Allgemeinen gegen alle optometrischen Apparate eingenommen ist, namentlich aber alle Vorkehrungen verwirft, bei denen ein Auge isolirt geprüft wird und der gemeinsame Sehakt ausgeschlossen bleibt.

Die hier einschlagende Ansicht ist nur noch erhärtet, seitdem Donders nachgewiesen, wie die Accommodationsthätigkeit geradezu abhängig ist von der Stellung der Augenaxen und wie jeder Augenaxenstellung nur ein ganz be-

stimmter Accommodationszustand zukomme. Man führe aber als Beweis, dass bei isolirter Prüfung eines Auges die Axe des anderen nicht genau eingestellt sei, den Versuch an, dass wenn man bei Fixirung einer Schrift ein Auge verdeckt und dann plötzlich mitwirken lässt, im ersten Augenblicke ein Doppelbild empfunden wird, das erst durch Regelung der Axenstellung mit dem ersten Bilde verschmilzt. Man schliesst hieraus, dass wenn die Axenstellung nicht geregelt ist, die Accommodation gleichfalls nicht geregelt sein könne.

Dieser Einwand ist aber ein nicht stichhaltiger. Es ist bekannt, dass jeder bestimmten Axenstellung noch ein bestimmter, wenn auch nur geringer, Grad von Accommodation zukommt. Da nun die jedenfalls sehr geringe Distanz der Doppelbilder eine überaus geringe Abweichung der Augenaxe von der geforderten Stellung documentirt, so lässt sich annehmen, dass für diese geringe Abweichung der Axen der noch ermöglichte Accommodationsgrad ausreicht, ja sie würde auch abgesehen davon gar nicht in Betracht kommen, da sie noch nicht $^1/_{240}$ austragen dürfte.

Beim Sehen in die Entfernung scheint zudem diese Abweichung des verdeckten Auges von der geforderten Stellung gar nicht Statt zu finden; es treten wenigstens bei mir und einigen andern von mir in Bezug hierauf geprüften Augen keine Doppelbilder beim Entfernen des verdeckenden Schirmes auf.

Wäre überhaupt erwiesen, dass der Refractionszustand eines Auges nur bei gleichzeitiger Thätigkeit beider Augen ermittelt werden könnte, so würden wir bei Individuen, die überhaupt nur ein Auge haben, so wie bei allen denen, deren Refractionszustand an beiden Augen ein sehr verschiedener ist und bei denen also die Bestimmung für jedes einzeln vorgenommen werden müsste, die betreffende Aufgabe zu lösen ausser Stande sein.

Die Accommodation selbst aber ist nur abhängig und

bedingt von der Richtung der Lichtstrahlen, die in's Auge dringen. Würden einem emmetropischen Auge parallele Strahlen geboten, so sinkt sein Accommodations-Vermögen auf das Minimum des Refractionszustandes herab und es accommodirt sich für Unendlich. Gleichzeitig stellen sich die Axen parallel, es mag das andere Auge verdeckt sein oder nicht. Ja es ist sogar ganz indifferent, welche Art von Brechung die parallel in's Auge tretenden Strahlen vorher erlitten haben.

Ist z. B. ein Fernrohr so eingestellt, dass Licht von dem beobachteten Objecte parallel aus ihm heraustritt, so wird ein Auge, das sich für's parallele Licht einrichten kann, dies Object deutlich sehn, und eben so sieht ein solches Auge ein Bild deutlich, das genau im Brennpunkte einer Linse aufgestellt ist. Diese Beobachtung ist so leicht anzustellen, dass es eines Beweises für ihre Richtigkeit nicht bedarf. Was aber für paralleles Licht gilt, muss für Lichtstrahlen aller verschiedenen Richtungen gelten, d. h. es muss, so weit sein Accommodations-Vermögen reicht, das Auge die Fähigkeit haben, sich für die Richtung, in welcher ihm Lichtstrahlen geboten werden, einzurichten. Die Ursache hiervon kann nur in der Perhorrescenz der Zerstreuungskreise gesucht werden.

Und wirklich giebt das oben beschriebene Instrument in Bezug auf die Bestimmung der Sehweiten und der Accommodationsbreiten mit anderen Untersuchungsmethoden nicht nur übereinstimmende, sondern viel bestimmtere Resultate, indem es minutiöse Differenzen zur unmittelbaren Wahrnehmung bringt, die auf anderm Wege nicht mit gleicher Sicherheit nachgewiesen werden können.

Am auffallendsten tritt das hervor bei der Bestimmung des Fernpunktes solcher Individuen, bei denen derselbe auf etwa 60, ja selbst 40 und 30 Zoll abliegt. Falls ihre Accommodation nur die nöthige Breite hat, halten sie ihr Auge für ganz normal und bilden sich ein, vollkommen

gut in der Entfernung zu sehen; erst wenn man ihnen das betreffende Glas vorsetzt, werden sie sich bewusst, durch dasselbe schärfere Bilder zu percipiren. Bei geringen Graden von Hypermetropie, ja selbst wenn der Fernpunkt auf − 30″ zu liegen kommt, ist die Abhilfe bei guter Accommodationsbreite aus leicht ersichtlichen Gründen beim Sehen in die Ferne weniger augenfällig, wird aber wesentlich in Bezug auf das Sehen in der Nähe.

Diese Beobachtungen zusammengestellt mit den Donders'schen Resultaten bestimmen mich zu der Annahme:

> Die Richtung der Lichtstrahlen, von denen die Netzhaut getroffen wird, influiren auf die Stellung der Augenaxen und regeln dieselbe in einer uns unbewussten Weise derartig, dass die für die Entfernung des Objects nöthige Accommodation ermöglicht wird, und

so weit meine Beobachtung an intelligenten und zu genaueren Versuchen brauchbaren Individuen reicht, glaube ich mich von den entsprechenden Axenbewegungen des der Beobachtung nicht unterworfenen Auges überzeugt zu haben.

Dass aber wirklich eine Rückwirkung der Accommodation auf die Axenstellung stattfindet, und zwar derart, dass ohne unser Wissen diese letzte bei einer bestimmten willkürlich herbeigeführten Accommodation sich regelt, lehrt eine neue Art stereoscopischer Apparate, bei denen statt der prismatischen Gläser einfache Convexlinsen in Anwendung gebracht sind. Es tritt bei diesen Apparaten das stereoscopische Sehen dadurch ein, dass die mit den Lupen bewaffneten Augen ihre Externi zur Contraction bringen, und dadurch sich kreuzende Doppelbilder erzeugen. Die Convexgläser lassen uns das Object in einer anderen Entfernung erscheinen; unwillkürlich nehmen die Augen eine dieser Entfernung entsprechende Richtung an, und da diese Richtung der wirklichen Stellung der Bilder nicht entspricht,

treten Doppelbilder ein, die einander deckend die stereoscopische Täuschung bedingen.*)

Was nun den praktischen Werth des Instruments betrifft, so wird es bei der Genauigkeit, mit der es den Fernpunkt bestimmt, die sichersten Resultate liefern bei Myopie mit guter Accommodationsbreite, bei der es darauf ankommt, den Fernpunkt nach ∞ zu verlegen.**) Ein Beispiel dieser Genauigkeit gab mir nachstehende Beobachtung. Herr Uhrmacher Kegler glaubte ein vollkommen gutes Auge zu

---

*) Wer willkürlich die Externi contrahiren kann, ist bekanntlich im Stande, stereoskopisch ohne jede Beihülfe zu sehen; ebenso kann man eine nicht uninteressante, und so viel ich weiss, nicht bekannte Art des stereoscopischen Sehens durch willkürlich hervorgerufenen Strabismus convergens erzeugen, nur müssen dann die stereoscopischen Bilder in der Mitte auseinander geschnitten und das linke nach rechts und umgekehrt gelegt werden. Solche stereoscopische Bilder erscheinen viel kleiner, als sie sind, weil wir sie uns aus der beanspruchten Axenconvergenz des Auges viel näher vorstellen, als sie wirklich stehen.

**) Es ist das die theoretisch zunächst liegende Aufgabe bei Myopie, welche auch ersichtlich das Instrument sofort löst. Wir sehen aber sehr oft, dass Myopen Brillen perhorresciren, die ihnen paralleles Licht genau auf der Stäbchenschicht vereinen. Sie gestehen es zu, in der Entfernung mit der Brille, die den Fernpunkt auf ∞ verlegt, deutlicher und schärfer zu sehen, ziehen aber dennoch ein schwächeres Glas vor. Es ist das meistentheils Sache der Gewöhnung und bezieht sich vorzugsweise auf Individuen, die dergleichen schwächere Gläser lange getragen haben. In solchen Fällen giebt es keine wissenschaftliche Handhabe für die Wahl des Glases und nur das Resultat des Versuchs kann massgebend sein. Dasselbe gilt von einer anderen Kategorie Myopischer, die bewusst auf deutliche Bilder in der Entfernung verzichten, um nur bei ihren gewöhnlichen Arbeiten in der Nähe die Brille nicht ablegen zu dürfen. Der grössere Theil derselben hat bei relativ guter Accommodationsbreite einen sehr nahe liegenden Fernpunkt, gewöhnlich diesseits 5″; andere haben bei günstiger gelegenen Fernpunkten eine beschränkte Accommodation. Immer bleibt es aber in diesen Fällen sehr wichtig, die Brennweite des Glases durch die optometrische Messung zu bestimmen, durch welches der Fernpunkt auf ∞ gelegt wird. Die Formel $F = \frac{F' \; F''}{F' + F''}$ in der F' die Brille für ∞, F'' die Entfernung ist, in die der Fernpunkt gelegt werden soll, giebt die gesuchte Brillenbrennweite.

haben, namentlich in der Ferne gut zu sehen, und wirklich functionirte sein Auge auch beim Sehen in der Ferne als fast vollkommen normal. Dabei wies das Optometer bei ihm einen Fernpunkt von 14″ nach. Ich fand die Erklärung dieser Erscheinung bei genauer Beobachtung in einer grossen Enge der Pupille und dem Umstande, dass dieselbe auch bei der Accommodation für die Ferne sich nicht im Mindesten erweiterte. Die Zerstreuungskreise, die also beim Sehen in die Ferne die Netzhaut trafen, waren so klein, dass ihr störendes Einwirken nicht empfunden wurde. Setzte ich dem Auge ein Glas von 14″ vor, so wurde Herr K. es sich bewusst, dass er jetzt Bilder mit sehr viel schärferen Umrissen sah: — und dass die obige Erklärung des Phänomens die richtige, zeigte der Effect des Mydriaticums. Nachdem die Pupille erweitert war, fühlte Patient sein mangelhaftes Sehen in der Ferne sehr lebhaft und wurde sich der richtigen Lage seines Fernpunktes bewusst.

Myopen, deren Accommodation so breit ist, dass der Nahepunkt noch auf 5″ bis 6″ liegt, wenn durch die Brille der Fernpunkt auf ∞ gelegt ist — die also eine Accommodation von 6—7″ haben — können die Brillen, die die Optometer-Ablesung giebt, selbst bei der Arbeit ohne Schaden tragen.

Nachstehende Tabelle giebt die geforderten Accommodationsbreiten an:

Liegt der Fernpunkt auf	so muss der Nahepunkt wenigstens liegen bis auf
14	4.2
12	4
10	3.8
8	3.4
7	3.2
6	3
5½	2.9
5	2.7

Nicht selten stellen Myopen die Forderung, in einer ganz bestimmten (nicht unendlichen) Entfernung deutlich zu sehen. Es tritt der Fall namentlich bei Musikern ein, und die passende Entfernung kann man hierauf durchschnittlich 20″ annehmen.

Die Aufgabe, den Fernpunkt auf 20″ zu verlegen, wird wieder durch die Formel für die Refractions-Differenz $F = \frac{F' F''}{F' - F''}$ gelöst.

Liegt bei einem myopischen Auge der Fernpunkt auf ∞ mit einer Brille von der Brennweite =	so bedarf es der untenstehenden Brillen-Brennweiten, um seinen Fernpunkt auf 20″ zu legen.
4″	5″
5″	$6._6$″
6″	$8._6$″
7″	10″
8″	$13._3$″
9″	$16._4$″
10″	20″
12″	30″
14″	46″
16″	80″

Sind die Accommodationsbreiten nicht ausreichend, so muss der Patient je nach der Lage des Fernpunkts entweder ohne Brille oder mit einer schwachen Brille arbeiten. Bei Presbyopen wird man, wie oben schon angedeutet, darauf Rücksicht nehmen müssen, dass dieselben bei ihrer Gewöhnung, Objecte weit abzuhalten, im Anfange nicht eine Brille haben wollen, die für die Entfernung des gewöhnlichen deutlichen Sehens passt. Es mag diese Perhorrescenz naher Bilder auch schon darin liegen, dass ihnen die erforderliche Axenconvergenz unbequem, weil ungewohnt ist; man wird gewöhnlich richtig prüfen, wenn man vor der Hand ihren Nahepunkt auf 14″ bis 15″ legt.

Bei einfacher Presbyopie ist es überraschend, mit welcher Genauigkeit die wirkliche Sehweite mit dem Brillenglase mit der theoretisch vorher bestimmten correspondirt. Hat man sich am Optometer überzeugt, dass der Fernpunkt normal liegt und nur die Accommodationsbreite verkürzt

ist, so kann man dem Patienten mit Bestimmtheit voraussagen: „Sie werden mit diesem Glase auf 15 resp. 10 Zoll deutlich sehen."

Anders stellt sich das Verhältniss bei Hypermetropen, namentlich wenn ihre Accommodation noch gut ist. Sie sehen mit dem Glase anfangs immer in einer beträchtlichen grösseren Nähe, weil sie es nicht unterlassen können, aus Gewohnheit einen hohen Accommodations-Grad zu beanspruchen. Man gebe ihnen deshalb stets nur die Gläser nach Tabelle II und wohl noch etwas schwächere für den Anfang, wenn ihre Sehweite mit dem Glase kleiner ist als 10″. Allmälig spannen sie die Accommodationsanstrengung ab, rücken mit dem Objecte vom Auge fort und fühlen, wenn sie Beschäftigungen haben, bei denen 15″ Abstand des Objects zu gross ist, das Bedürfniss, schärfere Brillen zu brauchen.

Accommodationsbeschränkungen bei Myopie erfordern genaue Berücksichtigung des Nahepunkts und können, wenn sie hohe Grade erreichen und die Sehweite ungünstig liegt, es nothwendig machen, dass das Individuum für die Nähe Convex- und für die Ferne Concav-Gläser braucht.

Ein solches Auge scheint Franklin gehabt zu haben.

Ebenso erfordern hohe Grade von Hypermetropie, selbst wenn sie nicht mit sehr bedeutenden Graden von Accommodationsbeschränkung verbunden sind, zweierlei Gläser: für's Sehen in die Entfernung und in der Nähe, und das, was ich eben in Bezug auf die Wahl des Glases bei Presbyopie gesagt, findet hier ganz besonders seine Geltung für Gläser zum Nahesehen.

Wenn wie in meinem Instrumente die feinsten Schriftproben des Objects so gewählt sind, dass sie von einem nicht amblyopischen Auge eben noch mittels der Optometer-Linse gelesen werden können, so tritt die Erscheinung ein, dass hochgradige Hypermetropen und Presbyopen, namentlich wenn sie lange ohne die richtige optische Nach-

hilfe mit ihrem Leiden sich getragen haben, diese feinste Schrift in keiner Entfernung lesen können; etwas grössere Schrift aber scharf zu sehen glauben und sich der Punkte genau bewusst werden, an denen beim Annähern und Entfernen die Schärfe der Umrisse zu schwinden beginnt. Obgleich solche Augen als in geringem Grade amblyopisch bezeichnet werden müssen, kann man doch ihren Nah- und Fernpunkt bestimmen und in ganz analoger Weise ihren Refractionszustand regeln; es wird sich aber bei scharfer Prüfung des Sehvermögens herausstellen, dass dasselbe, selbst bei möglichst vollkommener Correction der Refractionsverhältnisse, ein wenig hinter der Norm zurückbleibt, während der Kranke mit seiner Brille deutlich zu sehen glaubt.

Es ist überhaupt „deutlich und scharf sehen" ein relativer Begriff. Ein Bleistiftstrich auf Papier erscheint uns scharf begrenzt, und doch zeigt die Lupe, dass er aus kleinen unzusammenhängenden Punkten besteht, die den Erhabenheiten des Papiers entsprechen, an denen das Farbematerial gehaftet.

Dass es Accommodationsstörungen giebt, bei denen die optometrischen Ablesungen nicht direct benutzt werden können und die wie z. B. mangelhafte Ausdauer in der Accommodationsthätigkeit und die im gewissen Sinne auch hierher gehörige Insufficienz der Interni noch anderweitige Berücksichtigung und resp. Hilfe fordern, lasse ich als selbstverständlich unerörtert.

Schliesslich erwähne ich noch, in welcher Weise das Instrument zur Bestimmung des Astigmatismus verwerthet werden kann und selbst diejenigen Grade des Astigmatismus angiebt, die das Sehvermögen nicht beeinträchtigen und nicht mehr als pathologische Zustände betrachtet werden können.

Es dient zu diesem Zwecke ein Object, das in dem innern Rohre statt der Druckschrift eingesetzt wird und das aus von einem dunklen Kreise ausgehenden hellen Li-

nien besteht, die von 10 zu 10 Graden von einander abstehen und in dem mittleren dunkeln Kreise mit den, den Winkeln entsprechenden Zahlen bezeichnet sind.

Hat man das Object so eingestellt, dass es in allen seinen Theilen deutlich gesehen wird, so entfernt man es. Ist das Auge nicht astigmatisch, so würden alle Strahlen auf einmal undeutlich werden und zwar an der Stelle des Fernpunkts. Diese Erscheinung wird aber nur bei sehr wenigen Augen eintreten. Gewöhnlich wird erst in einem bestimmten Meridian das Bild undeutlich und nur bei weiterem Fortrücken die Strahlen in den um 90° obliegenden Meridiane. Die Distanz, um die das letzte Abrücken geschieht, giebt den Grad des Astigmatismus an, und zwar ist derselbe gleich der Refractions-Differenz der für die Verlegung auf den Fernpunkt auf ∞ abgelesenen Brillenbrennweiten $\frac{F' F''}{F' - F''}$

Ein Paar einfache Beispiele, bei denen ich zugleich annehme, dass die Aufgabe gestellt sei, mit dem Astigmatismus die Ametropie des Auges zu corrigiren, d. h. den Fernpunkt auf ∞ zu legen und mich der Kürze und leichteren Verständlichkeit halber der Donders'schen Beziehungsweise bediene, werden das Verhältniss deutlicher machen.

I. Astigmat. Myop. bei Emmetropie.

Gesetzt der Meridian 8 verschwindet bei 14 der Scala, die den Fernpunkt auf ∞ verlegt, während der entgegengesetzte erst bei ∞ undeutlich zu werden beginnt, so wird der Fehler corrigirt durch

$$-\frac{1}{14}\,c,$$

dessen Axe 80° gegen die Verticale gelegt ist.

II. Astigmat. myop. bei Myopie.

Meridian 12 schwindet bei 8
der entgegengesetzte bei 20

corrigirt durch $\left(c \; \frac{8 \cdot 20}{20 - 8} = 14 \text{ ungefähr}\right)$

$^1/_{14}\; c \frown {^1/_{20}}\; s$

wobei die Axe des cylindrischen Glases unter einen Winkel von 30° gegen die Horizontale zu stellen ist.

III. Astigmat. hyperm. bei Emmetropie:

Meridian 9 wird undeutlich bei ∞, der entgegengesetzte bei 20 jenseits unendlich;

wird corrigirt durch $+ {^1/_{20}}\; c$

dessen Axe horizontal zu stellen.

IV. Astigmat. myop. bei Hypermetropie:

Meridian 9 schwindet

bei 20 diesseits und der entgegengesetzte

bei 30 jenseits unendlich

wird corrigirt durch

$- {^1/_{20}}\; c \,\ulcorner\, + {^1/_{30}}\; c$

wobei die Axe des positiven Cylinders vertical zu stehen kommt.

V. Astigmat. bei absoluter Hypermetropie:

Meridian 9 wird undeutlich bei 30 jenseits unendlich, der entgegengesetzte bei 10 jenseits unendlich

(das Cylinderglas ist $\frac{10 \cdot 30}{30 - 10} = 10{,}5$)

wird corrigirt durch

$+ {^1/_{30}}\; s \frown + {^1/_{10}}\; c$

Nachschrift.

Mechanikus Philipp, Baderstrasse hierselbst, arbeitet das Instrument für den Preis von 12 Thalern. Für diejenigen Mechaniker, die es nacharbeiten lassen, bemerke ich, dass die betreffenden Linsen durch den Mechanikus Herrn Goldschmidt in Königsberg bezogen werden können. Zwar könnte jede andere achromatische Linse benutzt werden, wenn man sich die Mühe nehmen will, die Rechnung für die Brennweiten derselben durchzuführen. Ich bemerke indessen, dass diese Brennweite ungefähr 4" sein muss, wenn das Instrument nicht unbequemere Grössen geben soll.

Zwei Bedingungen sind bei dem Instrumente vorzugsweise zu erfüllen: Genaue Bestimmung der Linsen-Brennweite und genaue Einstellung des Objects in den optischen Brennpunkt mittels des für paralleles Licht eingerichteten Fernrohrs.

Berlin, Druck von W. Büxenstein.

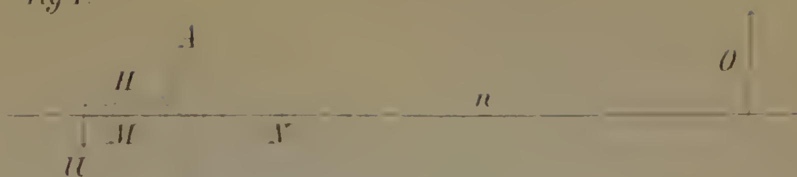

Fig I.
A
H
n
O
M
N
H


Fig II.
F.
T
a
P
b
G

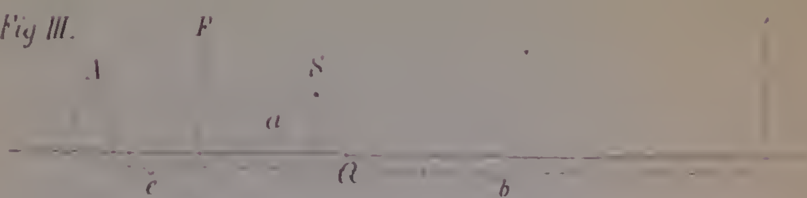

Fig III.
F
A
S
a
c
G
b


Fig IV.
q

A″

A

Fig V.

q

A

c

β

F

Fig VI.

L

X

H

E

C

D‴

D G

a

D′

D″

q

q

A‴

A

Fig VII.

L

S

E

C

D

X

m

Fig IX.

Fig VIII